

Aplikasi Cendawan Pelarut Fosfat Indigenous Tanah Sawah Meningkatkan Ketersediaan dan Serapan P Padi Sawah

Application of Indigenous Phosphate Solubilizing Fungi from Paddy Soil Increased P Availability and Its P Uptake on Rice

Dermawan Hutagaol*, Iwan Hasrizart, dan Ahmad Sofian

Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Al-Azhar Medan
Jl. Pintu Air IV Padang Bulan Medan 20142, Indonesia

Diterima 19 November 2015/Disetujui 4 Mei 2016

ABSTRACT

Increasing P availability can be done using Phosphate solubilizing microorganism. However, information on utilization of indigenous phosphate solubilizing microorganism originated from paddy soil with intensive P fertilization is limited. The objectives of this experiment were to isolate, to select and to test the potential of phosphate solubilizing fungi (PSF) in increasing P availability, P uptake and enhancing rice production. Five isolates of PSF, referred to A₁, A₂, A₃, A₄ and A₅ isolates, were belong to the Aspergillus genera. Field experiment was arranged in a randomized block design with one factor and 3 replications. The treatments consisted of 11 combinations of PSF and NPK fertilizer, i.e., without PSF + 100% rate of NPK fertilizer; PSF A₁ + 50% rate of NPK fertilizer; PSF A₁ + 100% rate of NPK fertilizer; PSF A₂ + 50% rate of NPK fertilizer; PSF A₂ + 100% rate of NPK fertilizer; PSF A₃ + 50% rate of NPK fertilizer; PSF A₃ + 100% rate of NPK fertilizer; PSF A₄ + 50% rate of NPK fertilizer; PSF A₄ + 100% rate of NPK fertilizer; PSF A₅ + 50% rate of NPK fertilizer; PSF A₅ + 100% rate of NPK fertilizer. The results showed that application of PSF isolates increased P availability, P uptake, rice growth and rice production significantly. Application of PSF A₁ + 50% rate of NPK fertilizer was the best treatment as indicated by the increased in weight of 1,000 grains, P availability and P uptake.

Keywords: *Aspergillus*, fertilizer, *Oryza sativa*, paddy soil, phosphorus

ABSTRAK

Peningkatan ketersediaan P salah satunya dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikrob pelarut fosfat, tetapi belum banyak informasi mengenai pemanfaatan mikrob pelarut fosfat indigenus pada tanah sawah yang intensif dipupuk P. Tujuan penelitian adalah isolasi, seleksi dan uji potensi cendawan pelarut fosfat dalam meningkatkan ketersediaan P, serapan P dan hasil tanaman padi. Percobaan laboratorium meliputi isolasi, seleksi, uji indeks pelarutan P dan uji pelarutan P. Lima isolat cendawan pelarut fosfat berhasil diisolasi dari tanah sawah. Cendawan pelarut fosfat yang teridentifikasi adalah cendawan genus Aspergillus yaitu isolat A₁, A₂, A₃, A₄ dan A₅. Percobaan lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok non faktorial yang terdiri atas 11 perlakuan, yaitu 100% NPK anorganik, cendawan pelarut fosfat (CPF) A₁ + 50% NPK anorganik, CPF A₁ + 100% NPK anorganik, CPF A₂ + 50% NPK anorganik, CPF A₂ + 100% NPK anorganik, CPF A₃ + 50% NPK anorganik, CPF A₃ + 100% NPK anorganik, CPF A₄ + 50% NPK anorganik, CPF A₄ + 100% NPK anorganik, CPF A₅ + 50% NPK anorganik, dan CPF A₅ + 100% NPK anorganik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi isolat cendawan pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan P serta pertumbuhan tanaman padi secara nyata. Isolat CPF A₁ + 50% NPK anorganik merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan bobot 1,000 butir padi, ketersediaan dan serapan P.

Kata kunci: *aspergillus*, fosfor, *Oryza sativa*, pemupukan, tanah sawah

PENDAHULUAN

Pemupukan merupakan satu sarana yang sangat penting untuk meningkatkan produksi padi. Penggunaan pupuk

meningkat pesat setelah pencaanangan program intensifikasi yang dimulai tahun 1969. Rekomendasi pemupukan padi sawah yang berlaku sekarang bersifat umum untuk semua wilayah Indonesia tanpa mempertimbangkan status hara tanah dan kemampuan tanaman menyerap unsur hara. Sementara diketahui bahwa status hara P pada lahan sawah sangat bervariasi mulai dari rendah sampai tinggi. Pemupukan

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: dermawan.hutagaol@yahoo.co.id

P secara terus menerus menyebabkan sebagian besar status hara P tinggi di dalam tanah. Selain itu penggunaan pupuk yang terus menerus menyebabkan ketidak seimbangan hara yang mengakibatkan pelandaian (*leveling off*) produksi padi sawah. Fosfat merupakan nutrisi esensial yang diperlukan oleh tanaman dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Fosfat sebenarnya terdapat dalam jumlah yang melimpah dalam tanah, namun sekitar 95- 99% terdapat dalam bentuk fosfat tidak terlarut sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman (Sanjotha *et al.*, 2011).

Alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dalam mengatasi rendahnya fosfat tersedia dalam tanah adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme pelarut fosfat, yaitu mikroorganisme yang dapat melarutkan fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Mikroorganisme ini juga diketahui memproduksi asam amino, vitamin dan substansi pemacu pertumbuhan seperti *indole acetic acid* (IAA) dan giberelin yang dapat membantu pertumbuhan tanaman (Ponmurugan dan Gopi, 2006). Penggunaan mikroba dewasa ini sangat menonjol terutama mikroba penambat N dan mikroba untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah (Richa *et al.*, 2007).

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan isolat cendawan pelarut fosfat yang potensial dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan P dalam mengurangi penggunaan pupuk anorganik pada budidaya padi sawah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan, yaitu percobaan di laboratorium dan percobaan di lapang. Percobaan di laboratorium dilaksanakan di Fakultas Pertanian Universitas Al-Azhar Medan dimulai bulan Februari sampai dengan Juni 2014. Percobaan di lapang dilaksanakan di lahan sawah Desa Pardamean Kecamatan Tanjung Morawa Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara pada bulan Juni sampai dengan September 2014.

Percobaan di laboratorium bertujuan untuk mengisolasi, memurnikan dan memperbanyak isolat cendawan pelarut fosfat yang digunakan pada percobaan di lapang. Contoh tanah dari lahan sawah yang rutin dipupuk P anorganik (pupuk TSP) di Desa Pardamean diambil pada jarak 5 cm dari pangkal akar secara komposit dari ke dalaman 0-20 cm. Cendawan pelarut fosfat diisolasi dengan menggunakan medium Pikovskaya dengan komposisi 10 g glukosa, 5 g Ca_3PO_4 , 0.5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0.2 g KCl, 0.1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.01 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0.5 g yeast ekstrak, dan 0.01 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam satu liter larutan pada pH 7,0 dengan metode cawan tuang. Seleksi isolat dilakukan berdasarkan identifikasi morfologi koloni. Pemurnian isolat dilakukan untuk mendapatkan isolat murni dengan metode penggoresan menggunakan medium Pikovskaya. Indeks pelarutan fosfat isolat murni diuji dengan menggunakan media Pikovskaya dengan ditandai pembentukan zona bening di sekitar koloni. Media uji dimasukkan dalam cawan petri dan dibiarkan mengeras. Selanjutnya tiap isolat ditumbuhkan pada media

uji dengan metode *spot inoculation* dan diinkubasi selama 7 hari. Koloni yang tumbuh dan mampu membentuk zona bening diindikasikan sebagai isolat yang mampu melarutkan fosfat (kualitatif). Berdasarkan zona bening dapat diketahui indeks kelarutan fosfat (diameter zona bening/diameter koloni). Setelah menggunakan indeks pelarutan fosfat, seleksi isolat dilanjutkan dengan menguji kemampuannya melarutkan fosfat dengan menggunakan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada media Pikovskaya cair yang diinkubasi selama 7 hari. Kandungan fosfor diukur pada akhir waktu inkubasi dengan menggunakan spektrofotometer (kuantitatif). Berdasarkan hasil uji pelarutan fosfat diperoleh 5 jenis cendawan pelarut fosfat dari 8 jenis isolat yang kemudian digunakan untuk uji lapangan, yaitu cendawan A_1 , A_2 , A_3 , A_4 dan A_5 (Tabel 1). Kelima jenis cendawan tersebut diperbanyak dengan menggunakan jagung sebagai substrat dengan cara merendam media jagung selama 24 jam, lalu dicuci bersih kemudian dikukus sampai lunak. Setelah itu media dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas sebanyak 250 g dan ditutup rapat kemudian media disterilkan dalam autoklaf pada suhu 100 °C selama 15 menit. Setiap 250 g substrat jagung yang sudah disterilkan diinokulasi dengan mikrob yang sudah berumur 15 hari sebanyak 5 mL suspensi spora (kerapatan konidia 10^7 mL^{-1}) dan diinkubasi selama 14 hari pada suhu 25 °C.

Percobaan di lapang disusun berdasarkan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 11 perlakuan, yaitu: 100% NPK anorganik, cendawan pelarut fosfat (CPF) A_1 + 50% NPK anorganik, CPF A_1 + 100% NPK anorganik, CPF A_2 + 50% NPK anorganik, CPF A_2 + 100% NPK anorganik, CPF A_3 + 50% NPK anorganik, CPF A_3 + 100% NPK anorganik, CPF A_4 + 50% NPK anorganik, CPF A_4 + 100% NPK anorganik, CPF A_5 + 50% NPK anorganik dan CPF A_5 + 100% NPK anorganik. Tiap perlakuan terdiri atas 3 ulangan, dengan tiap ulangan merupakan plot berukuran 3 m x 3 m. Padi varietas Mekongga ditanam 10 hari setelah semai dengan satu tanaman per lubang tanam pada jarak tanam 30 cm x 30 cm dan digenangi secara terputus dengan ketinggian air ± 2 cm. Aplikasi cendawan pelarut fosfat dilakukan pada saat tanam dengan cara disebar di atas permukaan tanah dan kemudian diaduk secara merata dengan dosis masing-masing 1 kg plot. Pupuk Urea sebanyak 250 kg ha⁻¹ diberikan 3 tahap masing-masing dengan 1/3 dosis pada umur 1, 3 dan 6 minggu setelah tanam (MST). Pupuk TSP dan KCl dengan dosis 100 kg ha⁻¹ diberikan pada umur 1 MST. Peubah yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, bobot 1,000 butir gabah, P tersedia dengan metode Bray I (2 g tanah + larutan NH_4F 0.03 N + HCl 0.025 N) dan serapan P dengan metode destruksi basah (mendestruksi 1 g jaringan tanaman dalam asam nitrat (HNO_3) dan hipoklorat pekat (HClO_4) dan pemanasan sampai diperoleh larutan (ekstrak) jernih. Pengukuran kadar P dalam larutan destruksi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer, yaitu mengukur absorbansi ekstrak ditambah pereaksi amonium molibdatvanadat pada panjang gelombang 420 nm) diukur saat tanaman berbunga dengan 6 tanaman sampel per plot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolat Cendawan Pelarut Fosfat

Isolat cendawan pelarut fosfat terdiri atas 5 isolat (Tabel 1). Indeks pelarutan fosfat yang tinggi dan memiliki kemampuan tumbuh yang cepat serta pelarutan fosfat yang tinggi dari kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) diperoleh dari jenis cendawan A_1 dan A_5 . Kemampuan cendawan pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat bervariasi tergantung dari masing-masing sifat genetik cendawan tersebut dalam menghasilkan asam - asam organik yang berperan dalam melarutkan fosfat (Mittal *et al.*, 2008).

Ketersediaan dan Serapan P

Perlakuan jenis cendawan pelarut fosfat dengan penambahan pupuk 50% NPK dan 100% NPK anorganik dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan P dibanding dengan kontrol (tanpa pemberian cendawan pelarut fosfat). Hasil penelitian Handayani (2011) juga menunjukkan bahwa pemberian mikrob pelarut fosfat dapat meningkatkan kelarutan fosfat pada pertanaman jagung. Ketersediaan

dan serapan P (Tabel 2) pada cendawan pelarut fosfat A_1 + 50% NPK anorganik nyata lebih tinggi dibanding dengan kontrol (100% NPK anorganik) dan perlakuan lainnya kecuali dengan perlakuan cendawan pelarut fosfat A_1 + 100% NPK anorganik. Kemampuan cendawan pelarut fosfat A_1 menunjukkan rata-rata tertinggi dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan P dibanding dengan jenis cendawan pelarut fosfat yang lainnya. Hasil penelitian Ponmurugan dan Gopi (2006) bahwa populasi mikrob pelarut fosfat di rizosfer tanaman padi sekitar 10.08×10^5 cfu gram⁻¹ tanah, dapat menyediakan P sebesar 29.41 ppm untuk tanaman padi.

Tingginya ketersediaan P dan serapan P akan meningkatkan pertumbuhan tanaman. El-Azouni (2008) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi P tanaman diduga oleh pengaruh fungi pelarut fosfat (FPF) dalam menghasilkan substrat sebagai sumber nutrisi dan cendawan pelarut fosfat lebih efektif melepaskan P terfiksasi dalam mineral tanah sehingga serapan P meningkat. Razie *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa pemberian kompos yang diperkaya dengan Azotobacter + NPK 75% dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan P.

Tabel 1. Kemampuan tumbuh, indeks pelarutan P, dan kemampuan melarutkan P dari $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ oleh cendawan pelarut P

Kode isolat	Indeks pelarutan P (mm)			$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ tersedia (ppm P)
	Diameter koloni	Diameter zona bening	PSI	
CPFA1	22.4	28.2	1.26	550.2
CPFA2	18.5	22.4	1.21	395.2
CPFA3	21.3	23.6	1.11	382.5
CPFA4	21.2	25.3	1.19	388.4
CPFA5	22.0	27.0	1.25	430.3

Keterangan: CPFA (Cendawan Pelarut Fosfat Al-Azhar Medan); PSI = phosphate solubilizing index, dihitung dengan cara membandingkan diameter zona bening dengan diameter koloni

Tabel 2. Pengaruh cendawan pelarut fosfat terhadap P-tersedia dan serapan P tanaman padi pada umur 12 MST

Perlakuan	P-Tersedia (ppm)	Serapan P (g 100 g ⁻¹ bobot kering tanaman)
100% NPK	2.94b	0.62d
CPFA1 + 50% NPK	20.35a	1.14a
CPFA1 + 100% NPK	18.60a	0.98ab
CPFA2 + 50% NPK	4.48b	0.85bc
CPFA2 + 100% NPK	4.09b	0.91b
CPFA3 + 50% NPK	4.53b	0.67cd
CPFA3 + 100% NPK	3.67b	0.78bcd
CPFA4 + 50% NPK	6.08b	0.81bcd
CPFA4 + 100% NPK	4.33b	0.87bc
CPFA5 + 50% NPK	4.83b	0.70cd
CPFA5 + 100% NPK	5.61b	0.92b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada $\alpha = 5\%$

Menurut Mehrvarz *et al.* (2008) cendawan yang mempunyai sifat mutualisme dengan tanaman inang dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan P. Cendawan pelarut fosfat dapat meningkatkan konsentrasi P terlarut. Inokulasi mikroba pelarut fosfat pada percobaan pot dan lapangan mampu meningkatkan ketersediaan P, sehingga dapat mengatasi kekurangan P tersedia di tanah dengan menghasilkan asam-asam organik (Vallverde *et al.*, 2006). Perlakuan cendawan pelarut fosfat jenis A_1 + 50% NPK anorganik dapat meningkatkan serapan P tanaman sebesar 1.83 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Tanaman yang bersimbiosis dengan cendawan mendapat keuntungan dari kemampuan cendawan yang cepat dalam mengkolonisasi akar dan membantu penyerapan unsur hara tertentu yang sulit terserap oleh tanaman (Henri *et al.* 2014; Yadav *et al.*, 2011).

Pertumbuhan dan Produksi Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan jenis cendawan pelarut fosfat baik dengan penambahan pupuk 50% NPK anorganik dan 100% NPK anorganik secara nyata dapat meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif (Tabel 3 dan 4) yang lebih tinggi dibandingkan kontrol (100% NPK anorganik). Perlakuan cendawan cukup efektif meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif, hal ini menunjukkan bahwa pemberian cendawan pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P baik dari dalam tanah maupun dari pupuk dan peningkatan ini diikuti dengan peningkatan konsentrasi P tanaman sehingga dapat mengatasi kekurangan P tersedia di dalam tanah. Pemberian mikroba pelarut fosfat + pupuk P anorganik dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi

Tabel 3. Pengaruh cendawan pelarut fosfat terhadap tinggi tanaman padi umur 5-9 MST

Perlakuan	Tinggi tanman (cm)				
	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST	9 MST
100% NPK	58.81b	68.69c	74.55c	81.91d	86.58d
CPFA1 + 50% NPK	64.89a	73.16ab	78.33abc	87.11abc	95.94ab
CPFA1 + 100% NPK	63.78a	70.55bc	78.19abc	92.61a	96.80a
CPFA2 + 50% NPK	62.69a	71.41bc	75.89c	86.89abcd	91.80bc
CPFA2 + 100% NPK	64.83a	77.19a	80.55ab	89.30abc	93.64abc
CPFA3 + 50% NPK	65.08a	72.08bc	76.36bc	85.36bcd	89.46cd
CPFA3 + 100% NPK	63.33a	73.50ab	78.19abc	89.66abc	94.78ab
CPFA4 + 50% NPK	64.97a	74.39ab	78.94abc	88.50abc	93.72abc
CPFA4 + 100% NPK	66.58a	74.05ab	80.99ab	90.00abc	93.99abc
CPFA5 + 50% NPK	64.44a	73.55ab	78.92abc	86.11bcd	93.61abc
CPFA5 + 100% NPK	65.33a	76.41a	81.30a	91.74a	96.19ab

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada $\alpha = 5\%$

Tabel 4. Pengaruh cendawan pelarut fosfat terhadap jumlah anakan produktif dan bobot 1,000 butir gabah tanaman padi

Perlakuan	Jumlah anakan produktif (batang per rumpun)	Bobot 1,000 butir gabah (g)
CPFA ₁ + 50% NPK	64.89a	73.16ab
CPFA ₁ + 100% NPK	63.78a	70.55bc
CPFA ₂ + 50% NPK	62.69a	71.41bc
CPFA ₂ + 100% NPK	64.83a	77.19a
CPFA ₃ + 50% NPK	65.08a	72.08bc
CPFA ₃ + 100% NPK	63.33a	73.50ab
CPFA ₄ + 50% NPK	64.97a	74.39ab
CPFA ₄ + 100% NPK	66.58a	74.05ab
CPFA ₅ + 50% NPK	64.44a	73.55ab
CPFA ₅ + 100% NPK	65.33a	76.41a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada $\alpha = 5\%$

padi sawah (Puspitawati *et al.*, 2013; Chuang *et al.*, 2007). Penelitian Saylendra *et al.* (2014) juga menyebutkan bahwa cendawan pelarut fosfat, secara nyata dapat meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun pada fase vegetatif.

Pemberian cendawan pelarut fosfat A_1 + 50% NPK anorganik dan cendawan pelarut fosfat A_5 + 50% NPK anorganik meningkatkan bobot 1,000 butir gabah dan berbeda nyata dengan kontrol dan perlakuan lainnya (Tabel 4). Peningkatan pertumbuhan dan produksi tersebut menunjukkan kemampuan cendawan pelarut fosfat dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan P tanaman. Fitriatin *et al.* (2009) menyatakan bahwa mikroba pelarut fosfat dapat mensubstitusi sebagian atau keseluruhan kebutuhan tanaman akan pupuk P. Puspitawati *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa pemberian mikroba pelarut fosfat dapat meningkatkan persentase gabah isi tanpa pemberian pupuk anorganik.

KESIMPULAN

Isolat cendawan pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan P serta pertumbuhan tanaman padi secara nyata. Isolat cendawan pelarut fosfat A_1 + 50% NPK anorganik merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan bobot seribu butir padi, ketersediaan dan serapan P.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Hibah Bersaing Perguruan Tinggi 2014, dengan nomor kontrak : 215/K1.2.1/KI/2014 .

DAFTAR PUSTAKA

- Chuang, C.C., Y.L. Kuo, C.C. Chao, W.L. Chao. 2007. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by *Aspergillus niger*. *Biol. Fertil. Soils* 43:575-584.
- El-Azouni, I. M. 2008. Effect of phosphate solubilizing fungi on growth and nutrient uptake of soybean (*Glycine max* L.) plants. *J. Appl. Sci. Res.* 4:592-598.
- Fitriatin, B.M., A. Yuniarti., O. Mulyani., F.S. Fauziah., M.D. Tiara. 2009. Pengaruh mikroba pelarut fosfat dan pupuk P terhadap P tersedia, aktivitas fosfatase, P tanaman dan hasil padi gogo pada ultisol. *J. Agrikultura* 20:210-215.
- Handayani, D. 2011. Potensi *Aspergillus* dan *Penicillium* asal serasah Dipterocarp sebagai endosimbion akar pelarut fosfat. Tesis. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Henri, F., N.N. Laurette, N.N. Ghislain, T.T.G. Vanessa, T.I.A. Virginie, N. Dieudonné. 2014. Rock phosphate solubilisation by strains of *Penicillium* spp. isolated from farm and forest soils of three agro ecological zones of Cameroon. *Amer. J. Agric. Forestry.* 2:25-32.
- Mehrvarz, S., M.R. Chaichi, H.A. Alikhani. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *American Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 3:822-828.
- Mittal, V., O. Singh, H. Nayyar, J. Kaura, R. Tewari. 2008. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing fungal strains (*Aspergillus awamori* and *Penicillium citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. GPF2). *Soil Biol. Biochem.* 40:718-727.
- Ponmurugan, P., C. Gopi. 2006. Distribution pattern and screening of phosphate solubilizing bacteria isolated from different food and forage crops. *J. Agron.* 5:600-604.
- Puspitawati M. D., Sugiyanta, I. Anas. 2013. Pemanfaatan mikroba pelarut fosfat untuk mengurangi dosis pupuk P anorganik pada padi sawah. *J. Agron. Indonesia* 41:88-195.
- Razie, F., I. Anas, A. Sutandi, Sugiyanta, L. Gunarto. 2013. Efisiensi serapan hara dan hasil padi pada budidaya SRI di persawahan pasang surut dengan menggunakan kompos diperkaya. *J. Agron. Indonesia* 41:89-97.
- Richa, G., B. Koshla, M.S. Reddy. 2007. Improvement of maize plant growth by phosphate solubilizing fungi in rock phosphate amended soils. *World J. Agric. Sci.* 3:481-484.
- Sanjotha, P., P. Mahantesh, C.S. Patil. 2011. Isolation and screening of efficiency of phosphate solubilizing microbes. *Internat. J. Microbiology Res.* 3:56-58.
- Saylendra, A., Nurmayulis, A.A. Fatmawaty, T. Nurmalitasari. 2014. Pengaruh pemberian cendawan pelarut fosfat dan dosis tricalcium phosphate terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *J. Ilmu Pertanian dan Perikanan* 3:83-90.
- Vallverde, A., A. Burgos, T. Fiscella, R. Rivas, E. Velazquez, C. Rodriguez-Barrueco, E. Cervantes, M. Chamber, J.M. Igual. 2006. Differential effects of co inoculations with *Pseudomonas jessenii* PS06 (a phosphate solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium ciceri* c- 2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. *Plant Soil* 287:43-50.
- Yadav, J., J.P. Verma, K.N. Tiwari. 2011. Plant growth promoting activities of fungi and their effect on chickpea plant growth. *Asian J. Biol. Sci.* 4:291-299.